

学位論文題名

Study on Ultrafast Photonic ATM Switches using
Optical Short Pulses

(短光パルスを用いた超高速光 ATM スイッチの研究)

学位論文内容の要旨

21世紀のマルチメディア通信ネットワークにおいては、音声のような比較的低速(64Kbit/s)な信号からハイビジョンTVのような高速信号(150Mbit/s)までを一元的に扱える交換システムが期待されている。その際、中継系交換機1台当たり要求される処理能力は、1Tbit/sを越えると予想されている。

速度の異なる情報を一元的に扱うためには、非同期転送モード(ATM)と呼ばれる通信方式が有効であり、現在実用化に向けて電気ATMスイッチが開発されている。しかしながら、電気スイッチにおいて1Tbit/sを越える大容量化を実現することは、帯域制限、熱の問題等のため非常に困難である。そこで、大容量化に向けては光の高速、広帯域性を利用した光信号のまま交換処理を行う光スイッチが有効である。よって、光ATMスイッチを研究開発することが、将来の通信ネットワークの構築に向けて重要となる。この必要性に 대응するため、本研究ではテラビット級の情報を交換処理可能な光ATMスイッチを提案し、その動作特性に関する種々の実験及び数値解析を行った。

本論文は、超短光パルスを用いた種々の光ATMスイッチの提案に基づきそれらの動作特性及び実現性を明確にした一連の研究の結果を述べたものである。

本論文は6章から構成されている。

第1章では、本研究の背景と目的を述べる。

第2章では、本研究を進めるうえで基本技術となった、ATMスイッチ及び超高速光信号処理技術について詳細に述べる。ATMスイッチに関しては、動作原理及びバッファ配置によるスイッチ構成法について述べる。超高速光信号処理技術については、超短光パルス生成法、光制御型光スイッチ、高速同期技術について述べる。

第3章では、セル多重型光ATMスイッチの構成法及び実現性について述べる。本スイッチにおけるセルコーダでは、電気ATMセルのデータ部分は超短光パルスを用いて超高速光セルに変換されアドレス部分は半導体レーザの直接変調により光セルに変換される。また、セルデコーダにおいては、元の電気ATMセルに変換される。ここで、2の通倍の原理を用いた多重及び分離回路のセルコーダ及びセルデコーダへの適用について論じる。これらの回路がハード量及び光パワー損失の低減に有効であることが明らかになった。加えて、23Gbit/s光セルの多重、分離実験によりその実現性を示す。また、本スイッチにおける光セル選択回路では、各々の出力のアドレスと一致した光セルのみが超高速光ハイウエイから抽出され、バッファによってスループット制御される。ここで、セルの選択機能を有する光バッファ回路について論じる。光ツリー型スイッチと光ファイバループメモリの組み合わせにより出力光セルのスループット制御が可能であることを明らかにした。さらに、ビデオ信号分

配実験を行い、スイッチングシステム全体の実現性について論じる。25Gbit/s光セル化された2チャネルの映像信号を選択するデモンストレーションの良好な結果とセルデコーダにおけるクロストークの数値計算から本スイッチの可能性を示す。

第4章では、ビット多重型光ATMスイッチの構成法及び実現性について述べる。本スイッチは主としてビット多重回路、スターカプラ、光セル選択回路からなる。ここで、光セル選択回路において数100Gbit/sから1Tbit/sの高速光信号列から所望の信号を選択するために、3次の光非線形効果を用いた光制御型光スイッチの適用について論じる。タイミング設定回路と非線形ループミラー型光スイッチのような光制御型光スイッチにより光セルの選択が可能であることを明らかにした。また、光セル選択及び入力バッファに関する動作確認実験として55Gbit/s信号の選択実験及び3セル分の容量を有するバッファリング実験を行い、それらの結果及びパワーペナルティの数値計算から本スイッチの可能性を示す。さらに、非線形ループミラー型光スイッチを用いる際に生じるチャネル間クロストークについて詳細に論じ、本スイッチにおいてはチャネル間クロストークを十分低減できることを数値計算により明らかにした。

第5章では、光時分割多重技術(OTDM)と波長多重技術(WDM)を用いた光ATMスイッチの構成法及び実現性について述べる。本スイッチは主としてビット多重回路、スターカプラ、光セル選択回路からなる。ここで、光セル選択回路において光時分割多重及び波長多重された1Tbit/s級の高速光信号列から所望の信号を選択するための構成法について論じる。光制御型光スイッチ及び波長分波器と光ゲートスイッチの組み合わせからなる高速波長フィルタを用いて光セルの選択が可能であることを明らかにした。また、光セル選択に関する動作確認実験として110Gbit/s(55Gbit/s信号×2波長)の選択実験を行い、その結果及びチャネル間クロストークと波長クロストークを考慮したパワーペナルティの数値計算から本スイッチの可能性を示す。

第6章では、本研究を総括する。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 大 塚 喜 弘
副 査 教 授 大 場 良 次
副 査 教 授 山 下 幹 雄
副 査 教 授 伊 藤 精 彦

学位論文題名

Study on Ultrafast Photonic ATM Switches using Optical Short Pulses

(短光パルスを用いた超高速光 ATM スイッチの研究)

21世紀のマルチメディア通信ネットワークにおいては、音声のような比較的低速(64 k bit/s)な信号からハイビジョンTVのような高速信号(150 Mbit/s)までを一元的に扱える交換システムの開発が期待されている。その際、中継系交換機1台あたりに要求される処理能力は、1 Tbit/sを越えると予想されている。

速度の異なる情報を一元的に扱うためには、非同期転送モード(ATM)と呼ばれる通信方式が有効である。大容量化のためには電気ATMスイッチに比べて、光の高速、広帯域性を利用し、かつ、光信号のまま交換処理を行う光ATMスイッチが有効である。この要請に応えるため、本論文ではテラビット級の情報交換処理可能な光ATMスイッチを提案し、その動作特性に関する種々の実験及び数値解析を行い、その成果をまとめたものである。

第1章は、本研究の背景と目的を述べている。

第2章では、本研究を進めるうえで基本技術となったATMスイッチおよび超高速光信号処理技術について詳細に述べている。ATMスイッチに関しては、動作原理およびバッファ配置によるスイッチ構成法について述べている。超高速光信号処理技術に関しては、超短光パルス生成法、光制御型スイッチ、および高速同期技術について述べている。

第3章では、セル多重型光ATMスイッチの構成法と実現性について述べている。本スイッチにおけるセルコーダでは、電気ATMセルのデータ部分が超短光パルスを用いて超高速光セルに変換され、アドレス部分は半導体レーザの直接変調による光セルに変換される。また、セルデコーダにおいては、元の電気ATMセルに変換される。2の通倍の原理を用いた多重および分離回路のセルコーダとセルデコーダへの適用を論じ、これらの回路がハード量と光パワー損失の低減に有効であることを明らかにした。本スイッチにおける光セル選択回路

では、それぞれの出力のアドレスと一致した光セルのみが超高速ハイウェイから抽出され、バッファによってスループット制御される。光ツリー型スイッチと光ファイバループメモリの組み合わせにより出力光セルのスループット制御が可能であることを明らかにした。さらに、ビデオ信号分配実験を行い、スイッチングシステム全体の実現性について論じている。25 Gbit/s光セル化された2チャンネルの映像信号を選択する良好なデモンストレーション結果とセルデコーダにおけるクロストークの数値計算から本スイッチの可能性を示した。

第4章では、ビット多重型光ATMスイッチの構成法および実現性について述べている。本スイッチは主として、ビット多重回路、スターカプラ、および光セル選択回路からなる。光セル選択回路において、数100 Gbit/sから1 Tbit/sの高速光信号列から所望の信号を選択するために、3次の光非線形効果を用いた光制御型光スイッチの適用について論じ、タイミング設定回路と非線形ループミラー型光スイッチを組み合わせた光制御型光スイッチにより、光セルの選択が可能であることを明らかにした。また、光セル選択および入力バッファに関して、55 Gbit/s信号の選択実験と3セル分の容量を有するバッファリング実験を行い、本スイッチの可能性を示した。さらに、非線形光スイッチを用いる際に生じるチャンネル間クロストークについて詳細に論じ、本スイッチのチャンネル間クロストークを十分低減できることを数値計算により明らかにした。

第5章では、光時分割多重技術(OTDM)と波長多重技術(WDM)を用いた光ATMスイッチの構成法および実現性について述べている。本スイッチは主として、ビット多重回路、スターカプラ、および光セル選択回路からなる。光セル選択回路において、光時分割多重および波長多重された1 Tbit/s級の高速光信号列から所望の信号を選択するための構成法について論ずるとともに、光制御型光スイッチ、波長分波器および光ゲートスイッチの組み合わせからなる高速波長フィルタを用いて、光セルの選択が可能であることを明らかにした。

第6章では、本研究において提案し、かつ、その実現性が実証された光ATMスイッチの有用性を総括し結論を述べている。

これを要するに、筆者はテラビット級の容量を有するATMスイッチの実現に向けて、短光パルスを用いた光ATMスイッチが有効であることをスイッチング実験とスイッチング特性の解析から実証したものであり、通信工学および光工学の進歩に寄与するところ大なるものがある。

よって、著者は北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。